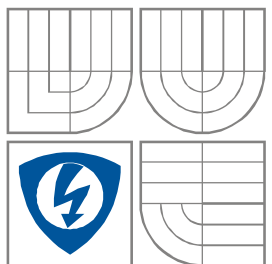


VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



**FAKULTA ELEKTROTECHNIKY A KOMUNIKAČNÍCH
TECHNOLOGIÍ**
ÚSTAV MIKROELEKTRONIKY

FACULTY OF ELECTRICAL ENGINEERING AND COMMUNICATION
DEPARTMENT OF MICROELECTRONICS

Simulovaná rozhraní testovací stanice avioniky

Simulated interface of test bench

Diplomová práce

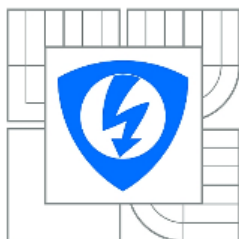
AUTOR PRÁCE
AUTHOR

Bc. PETR GABRIEL

VEDOUcí PRÁCE
SUPERVISOR

Ing. Michal Závišek. Honeywell, spol. sr.o.

BRNO 2014



VYSOKÉ UČENÍ
TECHNICKÉ V BRNĚ

Fakulta elektrotechniky
a komunikačních technologií

Ústav mikroelektroniky

Diplomová práce

magisterský navazující studijní obor
Mikroelektronika

Student: Bc. Petr Gabriel

ID: 125427

Ročník: 2

Akademický rok: 2013/2014

NÁZEV TÉMATU:

Simulovaná rozhraní testovací stanice avioniky

POKYNY PRO VYPRACOVÁNÍ:

Seznamte se se způsobem ovládaní avioniky Honeywell Primus EPIC v kabině letadel Dassault Falcon F7X. Seznamte se s technickým řešením zapojení ovládacích prvků do systému EPIC (klávesnice, řízení kurzoru, ovládaní autopilota atd.). Seznamte se se standardy sběrnic Arinc 429 a RS 422. Navrhněte technické řešení umožňující náhradu fyzických ovládacích prvků SW simulací, včetně HW řešení přerušení odpovídajících sběrnic. Výsledné řešení by mělo umožnit plnou kontrolu testovací stanice s avionikou Primus EPIC prostřednictvím SW konzole. V rámci diplomové práce realizujte prototyp alespoň pro jeden ovládací prvek.

DOPORUČENÁ LITERATURA:

Podle pokynů vedoucího práce.

Termín zadání: 10.2.2014

Termín odevzdání: 29.5.2014

Vedoucí práce: Ing. Michal Závišek. Honeywell, spol. s r.o.

Konzultanti diplomové práce:

prof. Ing. Vladislav Musil, CSc.
Předseda oborové rady

UPOZORNĚNÍ:

Autor diplomové práce nesmí při vytváření diplomové práce porušit autorská práva třetích osob, zejména nesmí zasahovat nedovoleným způsobem do cizích autorských práv osobnostních a musí si být plně vědom následků porušení ustanovení § 11 a následujících autorského zákona č. 121/2000 Sb., včetně možných trestněprávních důsledků vyplývajících z ustanovení části druhé, hlavy VI. díl 4 Trestního zákoníku č.40/2009 Sb.

Abstrakt

Tato práce se zabývá návrhem řešení pro vzdálenou správu a řízení testovací stanice avioniky Honeywell Primus EPIC. Kromě návrhu je v práci popsána avionika, testovací stanice i specifikace pro přenos dat pomocí sběrnic RS-422 a ARINC 429.

Abstract

This thesis describes the design of solution for remote management and control of Honeywell Primus EPIC avionics test bench. The thesis also describes avionics, test bench, specifications and data transfer via RS-422 bus and ARINC 429.

Klíčová slova

Avionika, vzdálené ovládání, simulace, Dassault, testovací stanice

Key words

Avionics, remote control, simulation, Dassault, test bench

Bibliografická citace

GABRIEL, P. *Simulovaná rozhraní testovací stanice avioniky*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií, 2014. 38 s. Vedoucí diplomové práce Ing. Michal Závíšek. Honeywell, spol. s r.o.

Prohlášení

Prohlašuji, že svou diplomovou práci na téma **Simulovaná rozhraní testovací stanice avioniky** jsem vypracoval samostatně pod vedením vedoucího diplomové práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou všechny citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce.

Jako autor uvedené diplomové práce dále prohlašuji, že v souvislosti s vytvořením této práce jsem neporušil autorská práva třetích osob, zejména jsem nezasáhl nedovoleným způsobem do cizích autorských práv osobnostních a jsem si plně vědom následků porušení ustanovení § 11 a následujících autorského zákona č. 121/2000 Sb., včetně možných trestněprávních důsledků vyplývajících z ustanovení § 152 trestního zákona č. 140/1961 Sb.

V Brně dne 28. května 2014

.....
podpis autora

Poděkování

Děkuji firmě Honeywell za poskytnutí technického zázemí pro realizaci práce. Ing. Michalu Záviškovi za odborný dohled a vedení práce. Děkuji také rodičům za vytrvalou podporu během celého studia.

Obsah

Úvod	6
1 Honeywell Primus Epic	7
2 Dassault Falcon 7X.....	7
3 Integrovaná stanice pro testování systémů (SITS)	14
4 Popis komunikace ovládacích prvků kokpitu a SITS	17
4.1 RS-422.....	20
4.2 ARINC 429	21
5 Návrh řešení simulovaného rozhraní SITS stanice	24
5.1 Vzdálené sledování displejů	24
5.2 Vzdálené ovládaní SITS a řídicích prvků kokpitu	27
6 Řešení simulovaného rozhraní SITS stanice	29
6.1 Hardwarové řešení simulovaného rozhraní	29
6.2 Popis simulace jednotlivých ovládacích prvků CCD.....	29
6.3 Náhrada CCD	31
7 Závěr	35
8 Seznam použitých zkratk	36
9 Seznam použité literatury	37

Úvod

Integrační stanice pro testování systémů avioniky (System Integration Test Station – SITS) jsou důležitým zařízením při vývoji a testování palubích systémů. S jejich pomocí je možné otestovat velkou část funkcí avioniky bez nutnosti nákladných letových testů. Také testovací stanice má svá omezení, největší problém je vysoká pořizovací cena, která může v případě větších kokpitů dosahovat desítek milionů korun. V případě takto vysoké investice je nutné zajistit maximální využití stanice.

Jedním z řešení tohoto problému je úprava SITS stanic tak, aby byly maximálně přístupné pro ovládání vzdáleným uživatelem. Vzdálený přístup umožní sdílení SITS stanice mezi globálními týmy pracujícími v různých časových pásmech. Také zásahy údržby a školení provozu stanice lze potom provádět na dálku místo nákladných služebních cest. Investice do takovéto úpravy SITS stanic není malá, ale výrazně zlepší návratnost původní investice do stanice samotné.

Úkolem této práce bylo zhodnotit stávající možnosti vzdáleného přístupu k SITS stanicí provozované ve Firmě Honeywell v Brně a navrhnout a realizovat prototyp řešení pokrývající největší nedostatky ve vzdáleném přístupu.

1 Honeywell Primus Epic

Dassault Falcon 7X používá plně digitální kokpit. Jeho chod a funkce zajišťuje systém Honeywell Primus Epic. Je to modulární systém, který umožňuje velkou míru individualizace na přání zákazníka. Je možné zvolit si podle požadavků počet a velikost displejů, jednotlivé funkce je možné přizpůsobit konkrétním požadavkům zákazníka (rozložení a funkce ovládacích prvků, grafika displejů). Jeho použití je velmi široké, uplatnění najde ve vrtulnících (AgustaWestland AW139), malých letadlech pro přepravu VIP (Cessna Citation Sovereign, Dassault Falcon 7X) i větších letadel pro regionální přepravu (Embraer E195-E2). Honeywell Primus Epic je možné osadit i velmi pokročilými systémy, jako jsou třeba systémy pro přiblížení za minimální viditelnosti nebo asistenty pro bezpečné přistání.

2 Dassault Falcon 7X

Francouzská firma Dassault Aviation byla založena v roce 1929 Marcelem Blochem, který si později změnil jméno na Marcel Dassault. Již od svého založení se soustředila na vojenské i civilní letadla. První objednávka letadel pro armádu se uskutečnila v roce 1931, první civilní letadlo bylo vyrobeno o rok později. I dnes se firma zaměřuje na letadla civilní (business jety řady Falcon) a armádní techniku (např. stíhací letouny Mirage a Rafale) [1].

Dassault Falcon 7X byl uveden do provozu v roce 2005, kdy se uskutečnil první let. Certifikací prošel o dva roky později, v roce 2007. Patří do kategorie velkoprostorových letadel pro přepravu VIP (business jet) s velkým doletem. Letadel Dassault Falcon 7X (F7X) bylo vyrobeno více než 250 kusů a nalétalo se na nich již více než 200 000 letových hodin [2].



Obrázek 1: Dassault Falcon 7X [9]

Jedná se o třímotorový stroj, který je jako první business jet vybaven plně digitálním kokpitem a plnohodnotným systémem fly-by-wire (není žádná mechanická vazba mezi ovládacími prvky a řízenými prvky letadla). Je schopen pojmout v závislosti na konfiguraci až devatenáct pasažérů a dopravit je na vzdálenost větší než 11 000 kilometrů rychlostí 0,9 Mach [3].

Falcon 7X je vybaven systémem Primus EPIC, který je pro letouny Dassault dodáván pod obchodním názvem EASy. Systém Epic se ve Falconu 7X skládá ze čtyř 14,1" velkých LCD displejů (pro rozložení viz Obrázek 3) a dvou MAU kabinetů (MAU – modulární výpočetní stanice, na které běží většina SW funkcí systému).



Obrázek 2: MAU osazené kartami [12]

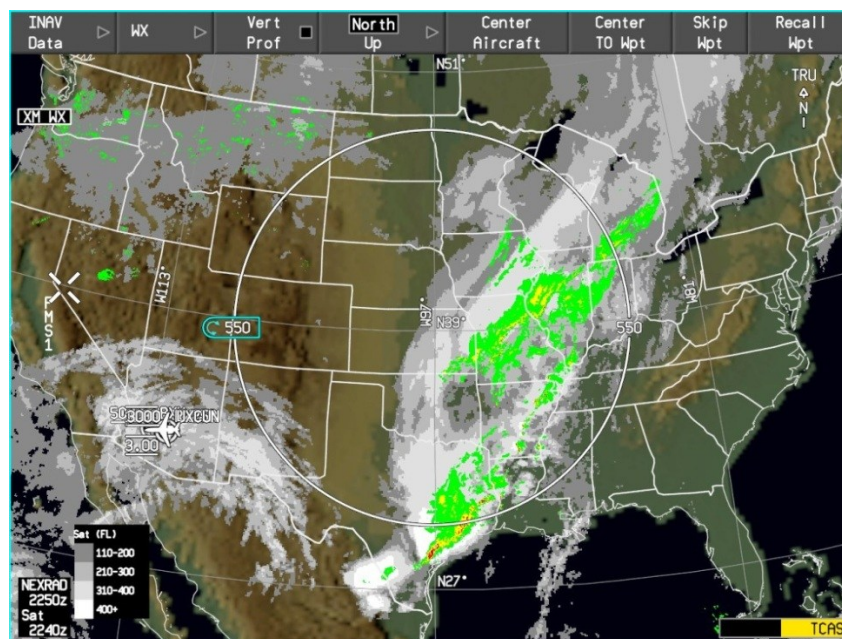
Na spodním a prostředním displeji se dá zobrazit stejná sada informací. Na těchto dvou displejích lze zobrazit tzv. synoptické informace, které zobrazují aktuální stav externích systémů letadla (hydraulika, elektrické okruhy, funkce motorů apod.). Dále si zde pilot může zobrazit mapu i s předkreslenou trasou letu a pomocí ovladače kurzoru a klávesnice s touto trasou i intuitivním způsobem manipulovat. Další z možností je zobrazení letového plánu včetně nastavení vzletových hmotností, stavu paliva, povětrnostních podmínek, startovacího a cílového letiště. Většina těchto stránek obsahuje i aktivní prvky, pomocí kterých lze systémy letadla i konfigurovat a ovládat.



Obrázek 3: Dassault Falcon 7X – kabina s EASy II se zvýrazněnými ovládacími prvky [9]

Na displejích se zobrazují i aktuální informace, které snímá radar pro monitorování počasí. Avionika dokáže podle těchto informací zpracovat 3D model oblačnosti a srážek a pilot může reagovat adekvátně situaci.

Displeje před piloty se dělí na jeden čtverec, který zabírá dvě třetiny obrazovky. Zde jsou zobrazeny aktuální náklony letadla ve všech třech osách, terénní překážky, umělý horizont, varovné hlásky (například upozornění na vysokou rychlost, příliš prudké stoupání a klesání atp.) Displeje ve své levé horní šestině také zobrazují tzv. CAS zprávy (zprávy, že některý ze systémů neplní správně svou funkci). Ve spodní pravé šestině u pilota a levé u kopilota je možné vybrat zobrazované položky. Lze zde dosadit tzv. checklisty (pevně nastavené procedury pro případ kritické události, které pilotům udávají pokyny ve správném pořadí), umožňují ladění rádií atd. Díky těmto informacím mají piloti jasný přehled o funkci a stavu důležitých komponent. Matice rozložení prvků u displejů pilotů nelze měnit [4].



Obrázek 4: Příklad zobrazení mapy a informací o počasí

Displeje také dokáží zobrazit grafický plánovač trasy a FMS. Velmi užitečnou a zajímavou funkcí je SVS, který dokáže zobrazit okolní terén a prostředí kolem letadla (zobrazení letiště, vodních ploch, členitosti terénu...) a případně upozornit na možnost kolize s terénem nebo překážkami [4].

Ovládání funkcí displejů a tím i ovládání funkcí samotného letadla se děje pomocí několika ovládacích prvků. Pro pohyb „kurzorem“ na obrazovce slouží Cursor Control Device (CCD viz **Chyba! Nenalezen zdroj odkazů.**, v červeném kruhu), pomocí kterého můžou piloti volit požadované možnosti na displejích (potvrzovat tlačítka, vybírat textové pole...). CCD je vlastně trackball, snímá se pohyb koule, kterou pohybují piloti a tím pádem dochází k pohybu kurzoru po obrazovce.



Obrázek 5: CCD

Oba piloti mají možnost pomocí CCD ovládat prvky na displeji před sebou a na obou prostředních displejích. Součástí CCD jsou i ovládací prvky pro rychlé přepínání mezi displeji, potvrzovací tlačítko a dvoustupňový otočný potenciometr pro rolování nabídkami.

Pro zadávání informací do textových polí je použita multifunkční klávesnice (MKB, viz Obrázek 3, v oranžovém kruhu), která obsahuje kompletní anglickou znakovou sadu, funkční klávesy pro předvolené funkce (ovládání rádií, weather radaru atd.) a jednořádkový displej, který zobrazuje aktuální stav klávesnice a zadávané znaky. Klávesnice nemá klasické QWERTY rozložení, ale klávesy jsou poskládány podle abecedy.



Obrázek 6: Multifunkční klávesnice

Důležitým ovládacím prvkem kokpitu F7X je Guidance Panel – GP (viz Obrázek 3, ve žlutém obdélníku). GP slouží pro nastavování funkcí autopilota. Lze zde nastavit rychlost, výška, strmost klesání a stoupání letadla, zapnutí automatického udržování rychlosti (AT – auto throttle). Tyto hodnoty se nastavují pomocí potenciometrů (změna nastavených hodnot), případně tlačítek (zapínání funkcí autopilota). GP je vybaven jednoduchými displeji, které ukazují nastavené hodnoty. U některých údajů se dají nastavovat zobrazované jednotky.



Obrázek 7: Guidance panel

Ovládací prvek, který usnadňuje pilotům orientaci v krizových situacích a při rutinních úkolech, je Checklist Controller (CC). Primus Epic nabízí funkci tzv. checklistů, jde o sérii předvolených úkonů, které musí pilot vykonat například při předletové přípravě nebo při nenadálé krizové situaci. Usnadňuje orientaci pilota v úkonech tím, že pomocí CC prochází a plní jeden pokyn za druhým. Pokud je dobře provede, nemělo by dojít k zanedbání důležitých věcí. Kontroler se skládá z malého čtyřsměrného ovladače, který umožňuje procházení úkonů, a potvrzovacího tlačítka, kterým se potvrzuje řádné dokončení úkonu.



Obrázek 8: Checklist controller

Reversion Panel je ovládací prvek, který řídí přepínání signálů do displejů. Využívá se zde funkce AGM karet. Každá generuje obraz pro tři displeje a pomocí tohoto ovladače je možné vybrat si, který signál bude zobrazen. Tato funkce se využívá hlavně při poruše některého z displejů nebo při výpadku signálu z některé z AGM karet. Součástí tohoto ovladače je také funkce řízení jasu displejů. Piloti si mohou navolit jas podle okolních světelných podmínek.



Obrázek 9: Reversion panel

Vzhledem k tomu, že přibližně 75 % veškerého testování na SITS je realizováno pomocí klávesnice, CCD a GP, bude zbytek práce zaměřen pouze na tyto ovládací prvky.

3 Integrační stanice pro testování systémů (SITS)

Zařízení, díky kterému je možné testovat téměř všechny funkce avioniky bez nutnosti nákladných a zdoluhavých letových zkoušek, se nazývá Integrační stanice pro testování systémů (SITS). Obsahuje všechny důležité komponenty, které obsahuje i skutečné letadlo. Všechny komponenty jsou propojeny pomocí stejných druhů sběrnic jako v letadle. Část funkcí letadla je nutno simulovat, protože nejsou na testovací stanici dosažitelné. Pro lepší možnosti testování jsou na střechu budovy vyvedeny antény pro GPS a rádia. Pomocí programu je poté možné přepínat mezi reálným zařízením a přijímat, popřípadě vysílat, informace pomocí těchto antén, a simulovaným vstupem do zařízení, kdy se informace, které přijímají reálné antény, počítačově simulují.

Některé prvky výbavy se simulují pomocí nástroje PCSIM, který běží na samostatném počítači. Nutné je simulovat zejména prvky spojené s letem letadla jako například senzory, které určují, zda je letadlo ve vzduchu nebo na zemi, nebo polohy klapek na křídlech a ovládacích pák v kabině. Zde se také simuluje virtuální poloha letadla a pomocí virtuálních přepínačů je zde možné přepínat mezi reálnými a simulovanými prvky stanice.

Pomocí počítače označeného LOADER je možné nahrávat do testovací stanice požadované verze software a k nim přidružené databáze. Systém obsahuje pouze základní programové vybavení a ostatní doplňkové funkce (SVS, mapy, terénní informace atp.) je nutné nahrát pomocí databází. Některé databáze (APM) jsou pevně navázány na konkrétní verzi systému, některé je možné použít na více verzí systému (terénní databáze, mapy) a jejich aktualizace se určují podle data vydání konkrétní verze databáze. Na tomto počítači je i kontrolována správná funkce karet v MAU.

Protože stanice neobsahuje všechny prvky, které jsou v letadle, je nutné jejich funkci a data, která přenášejí na sběrnici, simulovat. Tyto simulace jsou prováděny na TIU počítači, který kvůli velkému zatížení používá ke svému chodu ještě jeden počítač TIU EXT. Na těchto dvou počítačích je možné číst i data, která na sběrnici vysílají reálné zařízení obsažené v testovací stanici. Některá data je možné i přepisovat a tím ovlivňovat prvky testovací stanice. Je zde také možnost kontrolovat validitu přenášených dat a kontrolovat správnou funkci ovládacích prvků. Protože jsou tyto dva počítače velmi vytížené, jsou také častým zdrojem problémů a jsou náchylné na správné zacházení. Nachází se zde také programy, které umožňují aktivaci a deaktivaci jednotlivých prvků výbavy stanice. Tyto přepínače se nalézají i na testovací stanici, kde je možné ty samé prvky přepnout pomocí hardwarových přepínačů. Simulované přepínače se používají častěji, protože je možné je ovládat i vzdáleně. Pomocí stejného nástroje je možné i ovládat mód, ve kterém se nacházejí jednotlivé karty. Lze zde přepnout zda-li budou karty v režimu, kdy je do nich možné nahrát nový software, nebo v provozním režimu a na jaké verzi sběrnice bude komunikovat.

Pro účely testování na úrovni interních softwarových proměnných slouží počítač označovaný jako DFTS. Zde by také bylo vhodné umístit programy na simulované rozhraní. Tento počítač je při standardním provozu stanice nejméně vytížen, nebyla by tudíž omezena funkčnost ostatních počítačů.

Na všechny tyto počítače je povolen vzdálený přístup, je tedy možno je ovládat odkudkoliv z firemní sítě a zajistit tak velmi flexibilní údržbu a ovládání stanice.



Obrázek 10: Integrační stanice pro testování systémů

Součástí testovací stanice jsou také zdroje, které napájejí všechny prvky v testovací stanici. Tyto zdroje vytvářejí stabilní napětí o hodnotě 28V. Další součástí, která souvisí s napájením, je pojistková skříň. Tato skříň se skládá z polovodičových relé. Je zde možné vypínat pojistky pro jednotlivé zařízení nebo také vypnout všechny zařízení naráz.

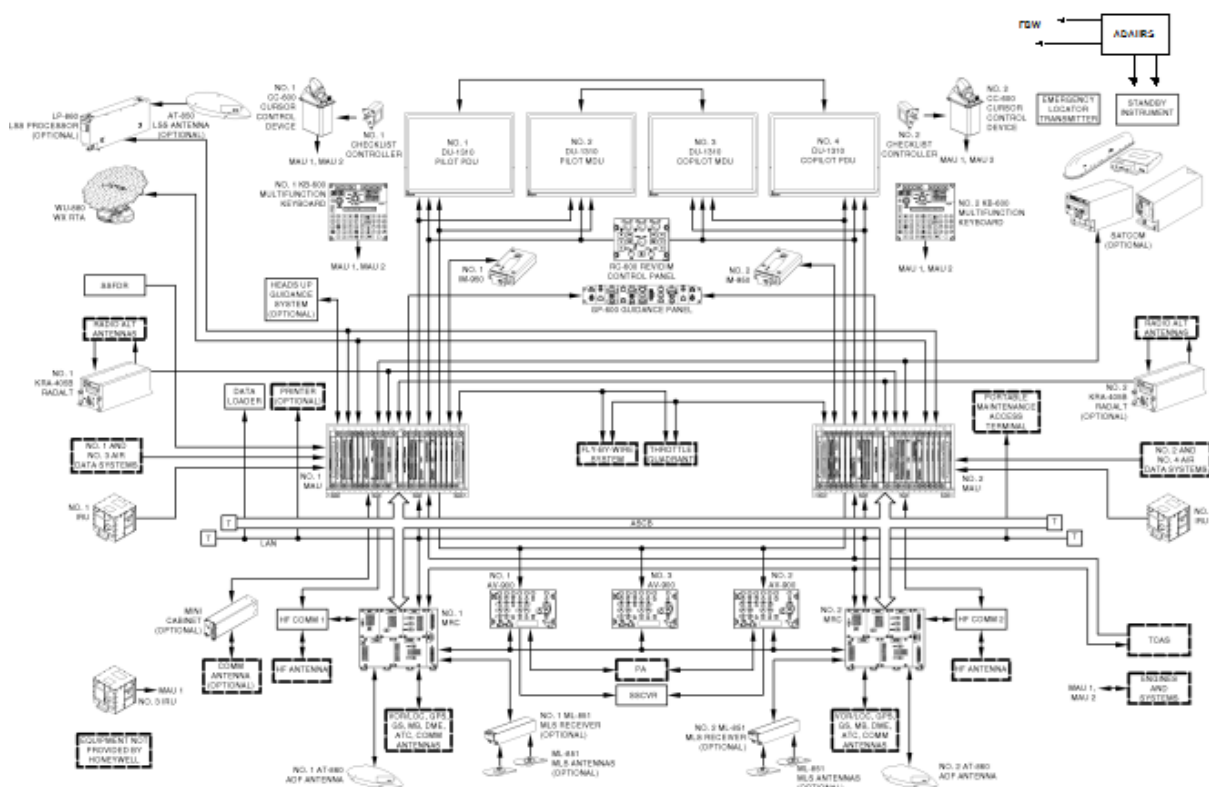
Součástí této konkrétní testovací stanice je i modul, který je schopný číst data z FMS a GPS a modelovat podle mapových podkladů okolí letadla. Tento obraz je zobrazován na LCD televizoru, který je umístěn na testovací stanici. Lze zde přepínat několik módů pohledu. Například lze zobrazit pohled z kokpitu letadla, jak to vidí piloti, pohled z bočních oken letadla, naplánovanou trasu atp. Tento prvek je součástí systému Honeywell Ovation Select, který slouží jako zábavný systém pro cestující.

Data pro tuto jednotku jsou snímána z panelu, kde jsou vyvedeny vybrané signály, a je zde možné jednoduše kontrolovat nebo simulovat vybrané parametry. Tyto panely jsou na testovací stanici dva, každý je pro jednu MAU. V základním stavu jsou vývody z panelu

obsazeny propojkami a po jejich odstranění je možné po připojení osciloskopu do těchto pinů kontrolovat hodnotu příslušného signálu. Také je možné postupovat opačně. Po vytažení propojek se do volných pinů připojí zdroj stejnosměrného napětí a podle nastaveného napětí lze měnit a simulovat hodnoty externích systémů testovací stanice a tyto změny poté porovnávat s očekávaným chováním. Tyto panely velmi urychlují testování a je možné díky nim testovat i funkce, které není možné vyzkoušet přímo kvůli absenci odpovídajícího hardwaru a signálu, který generuje.

4 Popis komunikace ovládacích prvků kokpitu a SITS

Všechny zařízení v letadle i v testovací stanici jsou propojeny s MAU (letadlo i testovací stanice obsahuje dvě MAU) pomocí sběrnic RS-422, ARINC 429 a ASCB. Všechny informace proudí do MAU k příslušným kartám, každá karta obstarává jinou funkci. V samotných klávesnicích, displejích ani jiných ovládacích prvcích nedochází ke zpracování informací. Ovládací prvky v tomto případě pouze přijímají pokyny od obsluhy a displeje jen zobrazují již zpracovanou informaci [4].



Obrázek 11: Schéma systému Honeywell Primus EPIC [5]

Informace z klávesnice a CCD přijímají AGM karty. Tyto karty jsou v každém ze dvou MAU dvě. AGM karty se starají o kompletní zpracování všech grafických dat. Pokud tedy dojde k pohybu kurzoru, na vstupu do karty jsou informace o tomto pohybu a na výstupu jsou zpracované informace pro displej. O chod AGM karet se starají procesory Pentium III taktované na 700 MHz, samostatné grafické karty, 256 MB RAM a 576 MB lokální flash paměti realizované pomocí Compact flash karty. Každá z AGM karet zpracovává obraz pro tři displeje a pomocí ovládacích prvků se vybírá, která data budou putovat na konkrétní displej. Při výpadku některé z karet se její signál nahradí signálem z jiných karet. Toto opatření je zavedeno z důvodu bezpečnosti. Kvůli bezpečnostním a certifikačním požadavkům se používají řešení, které jsou zaměřeny především na spolehlivost. Proto dochází ke zpoždění za pokrokem ve spotřební elektronice. Toto zpoždění se pohybuje kolem deseti let [5].

Data mezi CCD (název konkrétního dílu je CC-600) a testovací stanicí jsou přenášena sériovým přenosem pomocí protokolu a rozhraní RS-422. Na straně CCD jsou data generována pomocí FPGA obvodu, který reaguje na podněty od fyzických ovládacích prvků (tlačítka, trackball). Kompletní datový přenos tvoří 36 bytů. Popis jednotlivých bytů je obsažen v tabulce níže. Tato definice byla zjištěna na základě technické dokumentace a ověřena pomocí odposlechnutí a analýzy komunikace mezi reálným CCD a SITS. Při zahájení přenosu jsou posílány iniciační byty. Informace ohledně inicializačních bytů nejsou obsaženy v dokumentaci. Jejich správný tvar a hodnota byly zjištěny také při analýze reálných dat. Pro lepší pochopení jejich funkce byly zkoumány i kódy programu v AGM kartě, které potvrdily domněnku o funkci těchto bytů. Každý byt je zahájen logickou jedničkou.

Tabulka 1: Pořadí bytů při komunikaci mezi CCD a AGM kartou [10]

Číslo bytu	Funkce
0	Synchronizace
1–2	Kód zařízení
3–4	Kontrolní data pro FPGA obvod
5–6	Absolutní pozice kurzoru v ose X
7–8	Absolutní pozice kurzoru v ose Y
9–10	Rozdíl mezi aktuální a předchozí hodnotou v ose X
11–12	Rozdíl mezi aktuální a předchozí hodnotou v ose Y
13	Změna polohy vnějšího otočného přepínače
14	Změna polohy vnitřního otočného přepínače
15–20	Byty rezervované pro jiné verze zařízení
21–22	Ovládání ostatních prvků na CCD (MENU, ENTER, ...)
23–27	Byty rezervované pro jiné verze zařízení
28	Stavové bity
29	Přepínač mezi prvním a druhým kanálem
30	Byt rezervovaný pro možné přidání funkcí
31–34	Kontrolní součet
35	Synchronizace

Klávesnice (název konkrétního dílu je KB-600) s testovací stanicí komunikuje velmi podobně jako CCD. Logiku pro funkci tlačítek a sériovou komunikaci obstarává FPGA obvod, který generuje složení bytů a posílá je do AGM karty, která zpracovává tyto informace. Jeden z rozdílů oproti CCD je ten, že klávesnice obsahuje displej, který zobrazuje stav klávesnice a zadávané znaky. Na klávesnici je tlačítko, které tento displej smaže, nebo se displej smaže sám po potvrzení zadání znaků pomocí klávesy enter. Celá informace o přenášených znacích je obsažena ve 48 bytech, které jsou přenášeny pomocí sběrnice RS-422. Jednotlivé znaky jsou řešeny pomocí jejich ASCII kódu. Pomocí ASCII kódu se přenáší také signály pro nestandardní klávesy (ovládání systémů letadla a různé přepínače).

Těmto znakům jsou přiřazeny ASCII kódy znaků, které nejsou obsaženy na klávesnici (závorky, zavináč, pomlčka, podtržítko a jiné). Parametry pro sériovou komunikaci u klávesnice jsou stejné jako u CCD. Stejným způsobem je počítán i kontrolní součet.

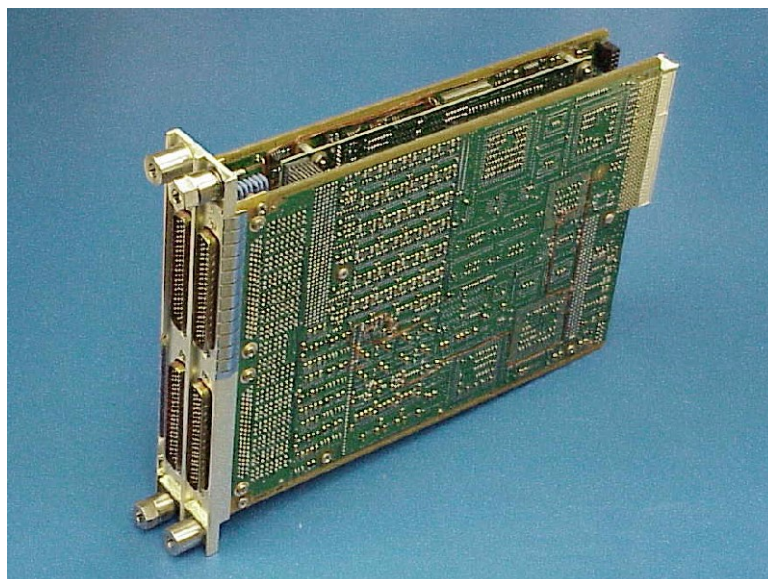
Tabulka 2: Rozložení bytů při komunikaci mezi klávesnicí a testovací stanicí [11]

Číslo bytu	Funkce
0	Synchronizace
1	Kód zařízení
2	Kontrolní data pro FPGA obvod
3	Změna pozice prvního otočného přepínače
4	Změna pozice druhého otočného přepínače
5–7	Byty rezervované pro jiné verze zařízení
8	Ovladače k radaru na počasí
9	Kontrolní byt
10–41	Přenášené znaky
42	Byty rezervované pro budoucí rozvoj
43–46	Kontrolní součet
47	Synchronizace

GP komunikuje s MAU pomocí sběrnice RS-422. GP přijímá diskretní signály z příslušné karty v MAU (CIO karta). Signály slouží jako kontrolní prvky, které ověřují správnou funkci GP a validitu zadaných informací. Dále GP přijímá signály z CIO karty [5].

O zpracování informací z GP se stará CIO karta. CIO karta je primární rozhraní pro komunikaci se zařízeními zakomponovanými do systému EPIC. Kromě GP komunikuje s CIO kartou ještě TCAS, SATCOM atd. Karta je poháněna procesorem AMD 486DX5/133 s frekvencí 100 MHz [5].

Reálný datový tok mezi GP a ostatními dotčenými prvky je velmi složité dohledat a popsat z důvodu chybějící technické dokumentace a složitosti celého řešení, které je realizováno s ohledem na co největší bezpečnost celého systému.



Obrázek 12: Příklad karty do MAU [5]

Pro správnou funkci je nutné dodržet správné nastavení komunikačních parametrů. Parametry jsou uvedeny v tabulce. Jsou pro všechny prvky shodné

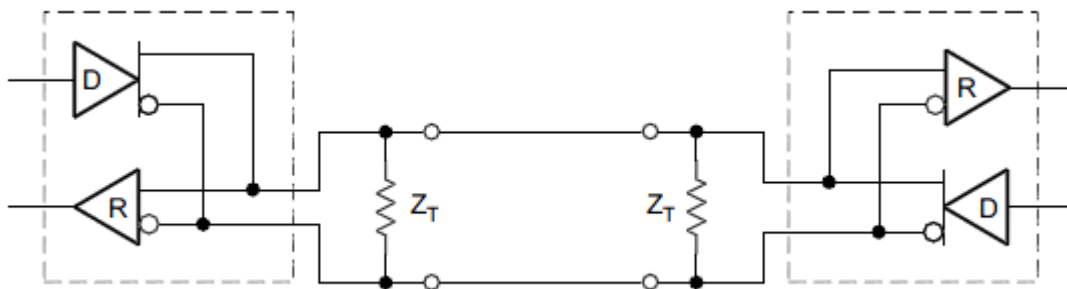
Tabulka 3: Parametry sériové komunikace [10]

Parametr	Požadovaná hodnota
Jednotka modulační rychlosti	115 200 Baud
Počet bitů v bytu	8
Počet start bitů	1
Počet stop bitů	1
Parita	Žádná
Přenosová frekvence	40 Hz

4.1 RS-422

Možné označení i TIA/EIA-422. Sběrnice RS-422 sdílí fyzickou strukturu se sběrnicemi RS-232 a RS-485. Vzájemně jsou si podobné i svými parametry. Data se přenáší prostřednictvím dvou vodičů a přijímající zařízení detekuje rozdíl napětí mezi těmito vodiči. Rozdíl napětí musí být větší než 0,2 V (rozlišovací schopnost), výsledná hodnota signálu na přijímači se určí pomocí polarity tohoto rozdílu. Tento způsob přenosu dat se nazývá diferenciální přenos a je efektivnější než přenos pomocí signálového vodiče a nulového vodiče (RS-232), protože diferenciální přenos má lepší odolnost proti šumu. Nepoužívá se třetí vodič, který obsahuje řídicí informace. Pomocí RS-422 lze připojit jedno řídicí a až deset řízených zařízení. Pokud je nutné použít obousměrnou komunikaci, použijí se dva páry datových vodičů. Jedná se vlastně o zapojení dvou samostatných sběrnic [6].

Maximální délka vodiče je omezena na 1 200 metrů, ale s rostoucí vzdáleností od zdroje dochází ke zpomalování přenosové rychlosti, která za standardních podmínek činí 10 Mbps při délce větší než 1 km je přenosová rychlost pouze 100 kbps. Při návrhu komunikace pomocí této sběrnice je nutné použít u přijímačů signálu ukončovací rezistor (viz Obrázek 13) o hodnotě stejné jako je odpor kabelu ($\pm 20\%$) [6].

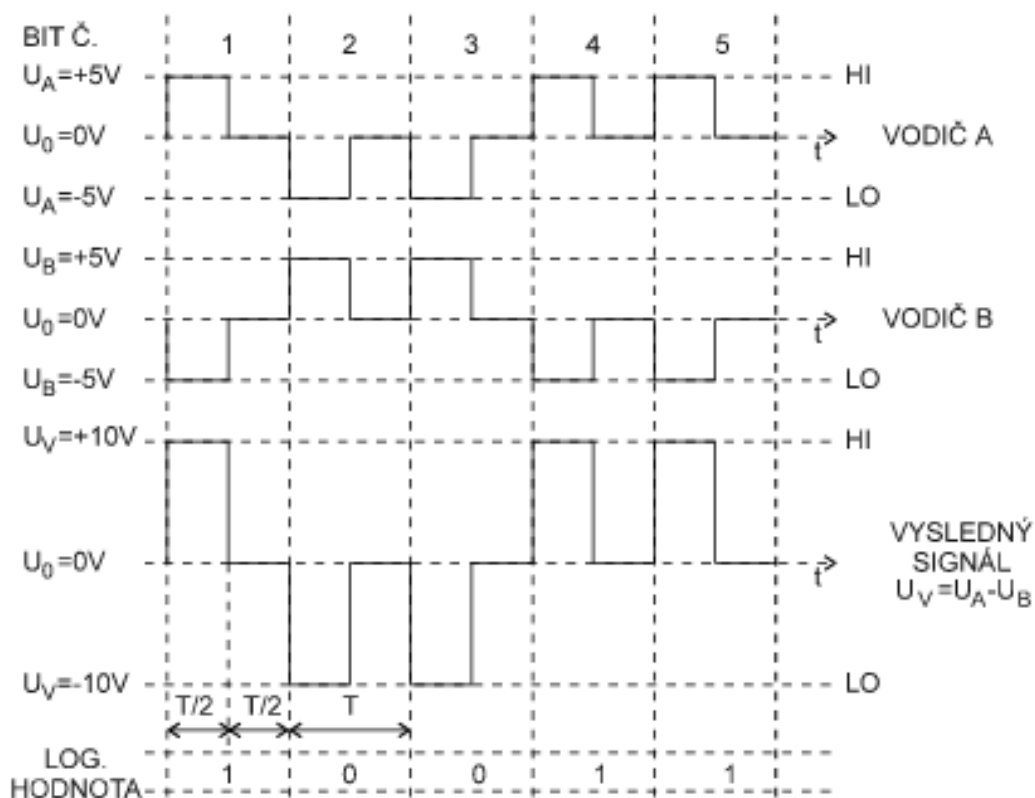


Obrázek 13: Obousměrná komunikace pomocí sběrnice RS-422. R – přijímač, D – vysílač, Z_T – ukončovací rezistor [6]

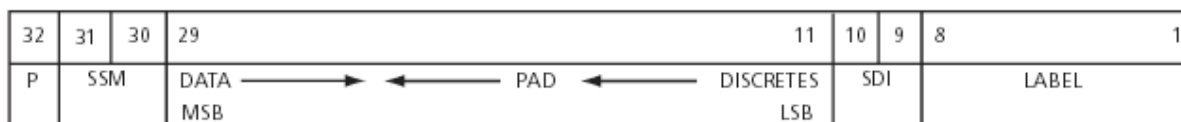
4.2 ARINC 429

Při prvním návrhu řešení vzdáleného ovládání SITS bylo předpokládáno, že některé z prvků budou komunikovat s MAU pomocí sběrnice ARINC 429. Tato domněnka se nepotvrdila. Následující popis je uveden pouze z důvodu naplnění zadání práce.

Arinc 429 je jedna z nejpoužívanějších sběrnic v letectví. Je to jednosměrná sériová sběrnice používaná ve všech kategoriích letadel. Na sběrnici může být připojeno maximálně dvacet přijímacích jednotek. Přenos probíhá pomocí dvou datových vodičů a jednoho vodiče zemního. Pro logickou hodnotu LOG 1 platí, že hodnota napětí na vodiči musí být $5 \pm 0,5\text{V}$, LOG 0 má hodnotu $-5 \pm 0,5\text{V}$. Výsledná hodnota se určí pomocí odečtení hodnoty druhého vodiče od hodnoty vodiče prvního (viz Obrázek 14). Výsledný signál proto nabývá hodnot pro LOG 1 $+10\text{ V}$, pro LOG 0 -10 V [7].



Obrázek 14: Průběhy napětí na vodičích [8]



Obrázek 15: Pořadí dat na sběrnici ARINC 429

Přenos dat pomocí ARINC 429 probíhá po 32 bitech. Bity jsou přenášeny v pořadí 8,7,6,5,4,3,2,1,9,10,11–32. V těch jsou uspořádány informace, které jsou důležité pro správný přenos dat a hlavně jejich zpětnou kontrolu. Bity jsou sdruženy do skupin (**Chyba! Nenalezen zdroj odkazů.**), kde každá skupina má svou specifickou funkci:

- 1. až 8. bit – Label – Udává obsah. Label je kódován v osmičkové soustavě
- 9. a 10. bit – SDI – Číslo zařízení při několika stejných zařízeních
- 11. až 29. bit – Datové pole – Zde jsou přenášeny informace, které chceme přenést.
- 30. a 31. bit – SSM – Matice stavových nebo znaménkových znaků
- 32. bit – Parita – Paritní bit. Doplní se tak, aby celkový počet jedniček byl liché číslo (lichá parita) [7].

Tabulka 4: Porovnání parametrů RS-422 a ARINC 429 [6] [7]

Parametr	Hodnota RS-422	Hodnota ARINC 429
Počet přijímačů a vysílačů	10 přijímačů, 1 vysílač	20 přijímačů, 1 vysílač
Maximální teoretická délka kabelu [m]	1200	30
Maximální přenosová rychlost [Mbps]	10	0,1
Rozsah napájecího napětí [V]	± 7	± 5
Citlivost přijímače [mV]	200	500
Vstupní odpor přijímače [k Ω]	4	8

5 Návrh řešení simulovaného rozhraní SITS stanice

5.1 Vzdálené sledování displejů

Pro kontrolu správné funkce stanice je nutné mít náhled na displeje kokpitu. Je totiž nutné sledovat, zda se na displejích korektně zobrazují zadané hodnoty nebo výsledky různých testovacích scénářů, které můžeme na stanici vyzkoušet a otestovat tak správné funkce systémů.

Na vizuální kontrolu displejů je možné použít dvě metody. První možností je číst data ze sběrnice na výstupu z AGM karty, která přenáší informace na displej v kokpitu, a ta digitalizovat do formátu zobrazitelném na běžném PC a plochu počítače potom sdílet. U této možnosti je nutné použít break out box (zařízení, které umožňuje přerušení a čtení sběrnic – BoB). Pomocí BoB je možné číst data ze sběrnice bez narušení původních informací, které pokračují dále do zařízení.

Nevýhodou je nutnost použití čtyř break out boxů a nutnost implementace složité logiky výběru právě zobrazovaných dat. Každá z grafických karet totiž z důvodu požadované odolnosti proti výpadkům produkuje celou sadu zobrazení pro jednotlivé displeje. Další nevýhoda je, že pokud se chyba vyskytuje mezi kartou a displejem, není možné ji odhalit, protože na výstupu z AGM karty se mohou ještě zobrazovat korektní informace.

Druhá varianta je finančně náročnější na pořízení, ale technicky jednodušší. Je díky ní možné sledovat přímo displeje v reálném čase. Jedná se o instalaci výkonné IP kamery do vhodné vzdálenosti od stanice. Moderní kamery umožňují přenášet obraz s vysokým rozlišením a v dostatečném počtu snímků za sekundu i s využitím běžných datových sítí.

V našem případě jsme se rozhodli použít řešení s kamerou. Původně bylo vybíráno mezi dvojicí kamer Sony SNC-EP 550 a EP 510. Lepší typ (EP 550) oproti EP 510 má HD rozlišení. Nevýhodami je menší zoom a vyšší cena (asi o třetinu dražší) než u nižší řady. Po důkladném zkoušení, zda-li je výhodnější obětovat lepší rozlišení na úkor ceny, byla vybrána pro finální použití dražší kamera. Výsledný obraz má výrazně lepší parametry, zejména odstup signálu od šumu. Větší zoom, který nabízí kamera nižší řady, je v našich podmínkách nevyužitelný a je právě na úkor šumu.



Obrázek 16: Kamera použitá pro vzdálenou kontrolu testovací stanice

Kamera je zavěšena na stropě tři metry od testovací stanice a pomocí přibaleného softwaru jsou nastaveny uživatelské profily a pomocí uživatelských jmen jsou přidělena práva k jednotlivým účtům. Někteří uživatelé proto mohou sledovat jen některé displeje a někteří mají přístup ke kompletnímu ovládání kamery. Toto opatření je zavedeno kvůli lepšímu zabezpečení laboratoře, kde je stanice umístěna s ohledem na vývozní licence použitých technologií. Ke kameře se může připojit každý, kdo je připojen přes VPN do interní sítě firmy Honeywell a zná adresu kamery. K ovládání kamery slouží webové rozhraní. Díky funkci PoE lze kameru napájet pomocí datového kabelu, odpadá tím vedení napájecího napětí dalším kabelem, toto řešení přispívá k jednoduchosti systému. Bohužel síť, která je v budově, nemá dostatečný výkon pro potřeby kamery, bylo proto nutné výkon posílit přídatným zdrojem. Tento zdroj je nainstalován v serverové místnosti, proto je stále zachována jednoduchost napájení kamery pomocí jediného kabelu.



Obrázek 17: Celkový pohled na displeje a GP pomocí kamery

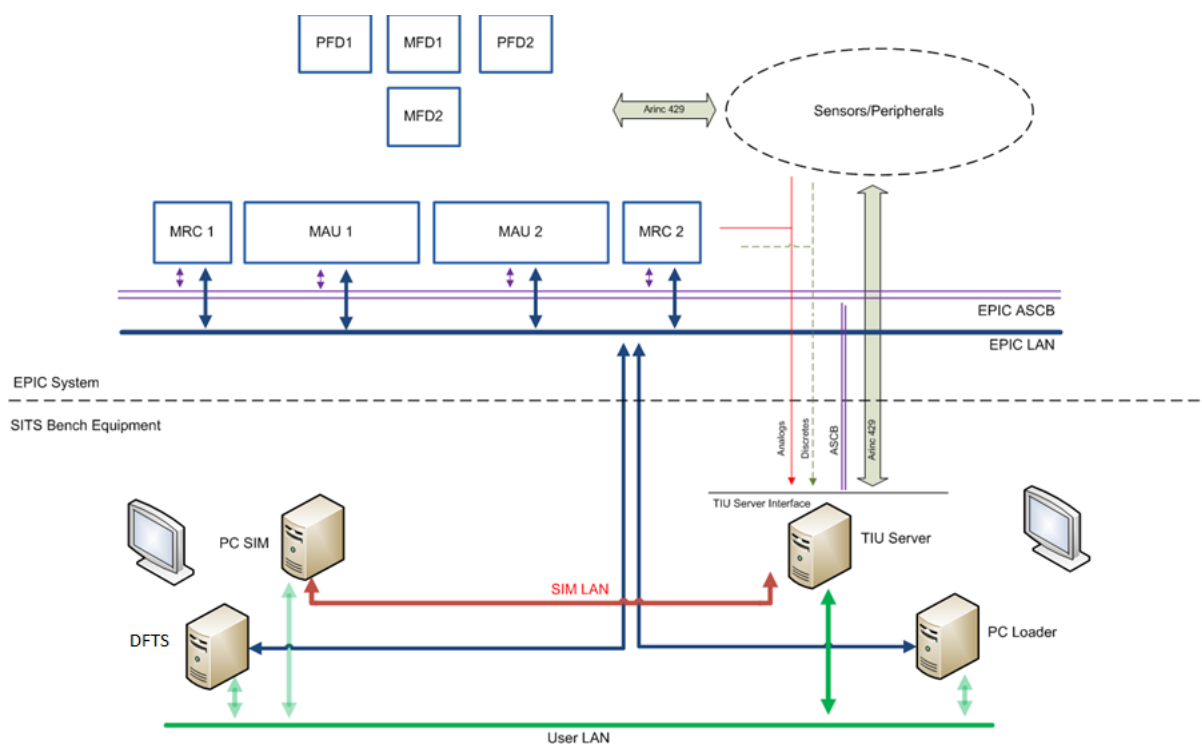


Obrázek 18: Pohled na pilotův displej pomocí kamery

5.2 Vzdálené ovládaní SITS a řídicích prvků kokpitu

Vzdálené řízení SITS využívá standardní funkci operačního systému Windows XP, vzdáleného ovládaní počítače. Tímto způsobem jsou ovládány všechny čtyři počítače, které jsou součástí SITS. Díky tomuto řešení není nutné pro základní úkony být přímo u stanice. Do budoucnosti se počítá se zakoupením programu na pokročilou správu vzdáleného přístupu, Radmin.

Při vzdáleném řízení řídicích prvků samotného kokpitu pomocí simulovaného rozhraní je potřeba provést fyzické přerušení stávající sběrnice z ovládacích prvků (CCD, GP, klávesnice) do karet v MAU. Jako nejlepší řešení bylo vybráno řešení pomocí vzdáleně ovládaného multiplexoru. Do tohoto multiplexoru budou zapojeny všechny komunikační kabely a pomocí softwarově ovládaného relé bude možné vzdáleně ovládat, které rozhraní bude v danou chvíli řízeno reálným kontrolerem a které bude ovládáno simulovaným HW. Bude možno přepínat mezi reálnými a simulovanými prvky u všech zařízení (dvě CCD, dvě klávesnice a GP).



Obrázek 19: Znázornění vztahu SITS a obslužných počítačů

Jako první způsob řešení simulovaného řízení řídicích prvků bylo uvažováno využití fyzických ovládacích prvků na straně uživatele, který používá vzdálené řízení. Toto řešení by bylo možné využít jen u uživatele, který má vlastní ovládací prvek. U tohoto prvku by došlo k jeho zapojení do uživatelského počítače. Sběrnice z uživatelského CCD (klávesnice, GP) by se připojila do počítače a tato data by byla přenášena přes internet do SITS v laboratoři. Nebylo

by zde nutné simulovat sériovou komunikaci, stačilo by přenášet data generované vzdáleným CCD do SITS v Brně. Výhodou tohoto řešení je nejreálnější znázornění reálné práce ovládacího prvku na straně uživatele. Nevýhodou je nutnost pořízení ovládacího prvku. To činí tento návrh velmi drahým.

Druhým způsobem řešení simulovaného řízení bylo uvažováno řešení pomocí rozšíření programu pro simulování dat v TIU serveru o část s ovládáním simulovaných prvků. Toto řešení je složité na realizaci kvůli složitosti celého systému. Některá potřebná data na sběrnici navíc nelze editovat, pouze číst.

Dalším způsobem bylo simulovat data pomocí samostatně stojícího programu a tyto data posílat pomocí RS-422 rozhraní do SITS. První verzí tohoto řešení bylo nainstalovat program na počítač uživatele a přenášet data, které simuluje program na jeho počítači do SITS pomocí internetového spojení.

Druhou verzí předchozího řešení je nainstalovat program na simulování rozhraní na jeden z počítačů, které jsou součástí testovací stanice (DFTS, LOADER, TIU, PCSim). Na tento počítač by se uživatel připojil pomocí vzdálené plochy. Tyto počítače jsou chráněny pomocí hesel, odpadl by proto problém s bezpečností. Další velkou výhodou je, že by program byl nainstalován jen na jednom počítači, nemusel by se řešit problém s kompatibilitou a servisními zásahy. Nejvhodnější by bylo nainstalovat program na DFTS počítač, protože je dlouhodobě nejméně vytížen a neběží na něm žádné důležité simulační programy jako na TIU a PCSIM nebo není vytížen nahráváním softwaru do testovací stanice jako LOADER. Toto řešení bylo vybráno pro finální realizaci.

6 Řešení simulovaného rozhraní SITS stanice

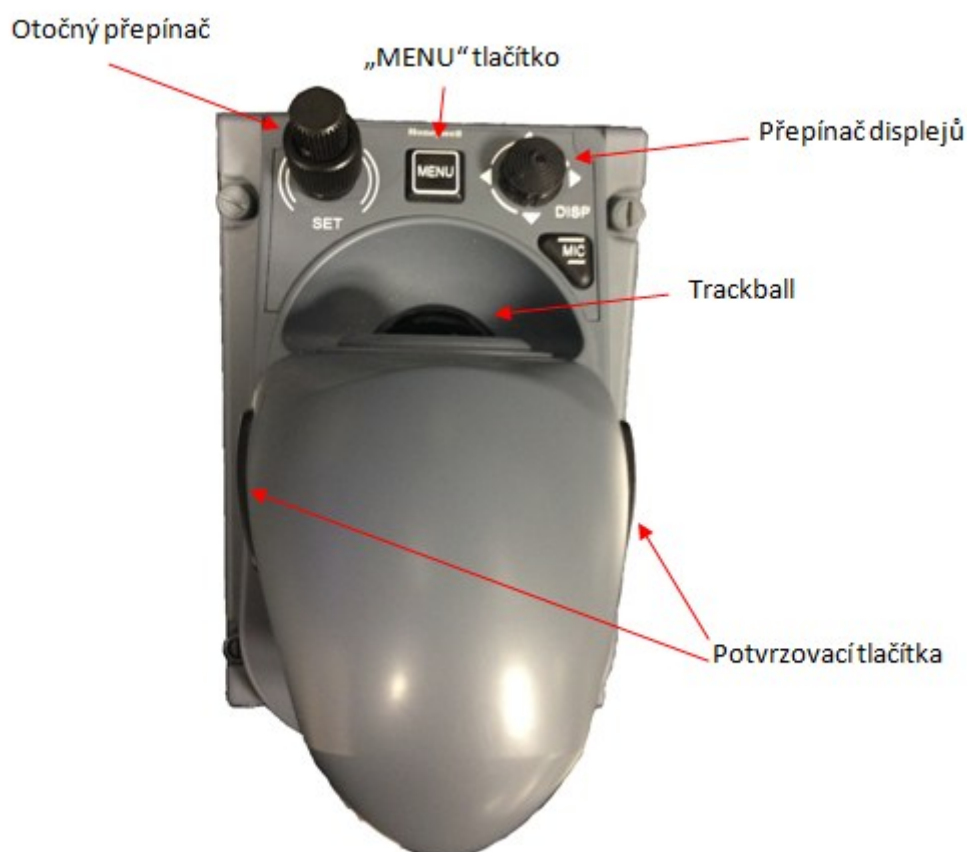
6.1 Hardwarové řešení simulovaného rozhraní

Do DFTS počítače byla přidána standardní PCI karta, která obsahuje osm sériových RS-422 portů. Reálné CCD používá pro přenos dat standard RS-422 s nestandardními konektory. Tyto konektory jsou velmi drahé a je velmi složité je získat, protože se používají jen ve velmi omezené míře ve speciálních aplikacích. Tyto konektory nebylo možné během realizace simulovaného řízení SITS zakoupit. Bylo tudíž nutno přistoupit k náhradnímu řešení přerušení sběrnic pomocí BoB. Z tohoto důvodu se realizuje přepínání mezi reálným a simulovaným rozhraním SITS ručně. Výhoda tohoto řešení je, že ve stádiu prototypu je možné sledovat chod dat na sběrnici pomocí dalších RS-422 portů v počítači. Tyto data přitom nejsou nijak zkreslována a ovlivňována. Toto řešení je velmi vhodné pro testovací provoz a ladění aplikace. Další výhodou je celková jednoduchost a spolehlivost. Velkou nevýhodou je nutnost přepínat mezi rozhraními ručně přímo v laboratoři.

6.2 Popis simulace jednotlivých ovládacích prvků CCD

Na základě detailního rozboru komunikačního protokolu popsaného v dokumentaci a rozboru signálu, který byl odposlechnut z reálného ovládacího prvku, se podařilo spolehlivě určit správnou funkci jednotlivých funkčních prvků. Jako nejjednodušší na simulování se ukázala tlačítka MENU a ENTER. Jedná se zde pouze o změnu bitu v bytu 21 pro MENU respektive 22 pro ENTER.

Jako mírně složitější se ukázalo simulování kláves pro přepínání mezi displeji. Na prosté přepnutí by také stačila změna jednoho bitu v bytu 21, ale toto řešení bylo nevyhovující, protože se kurzor sice přesunul na jiný displej do základních souřadnic, ale jeho chod byl zkreslený kvůli tomu, že si paměť pamatovala předešlou polohu. S přesunutím kurzoru na jiný displej je tedy nutné nastavit základní polohu i v bytech, které se starají o pohyb kurzoru.



Obrázek 20: Rozložení prvků na CCD

Další z prvků, které jsou simulovány, je otočný přepínač. Tento přepínač slouží pro zadávání hodnot, přibližování a oddalování mapy nebo pro ladění radia. Přepínač je složen ze dvou částí. Vnější část má na starosti hrubé změny hodnot (v aplikaci označeno jako RAW), vnitřní část nastavuje hodnoty jemněji (SOFT). Tyto prvky fungují na základě odečítání a přičítání hodnot k výchozímu stavu. Například pokud je výchozí stav vnějšího otočného přepínače reprezentovaného v datovém přenosu bytem 14 při zapnutí CCD nastaven na stav D5 v hexadecimální soustavě, je potřeba pro simulování kladného chodu o jeden krok nastavit na výstup z aplikace D6. Stejná analogie platí i pro simulování záporného chodu. U reálného prvku je kladný chod definován otočením přepínače po směru hodinových ručiček. Při simulaci jsem se omezil na tlačítka plus a minus pro jemný i hrubý chod zvlášť.

Poslední ovládací prvek reálného CCD, který je simulován, je trackball. Tato součástka slouží pro pohyb kurzoru po obrazovkách. Její pohyb je snímán ve dvou osách. V ose X pro horizontální pohyb a v ose Y pro svislý pohyb. Matice, kde se kurzor pohybuje má, rozměr 1024×1024 bodů. Displej má sice rozlišení 4:3, ale pro výpočet polohy se tento poměr zanedbává a počítá se s poměrem 1:1. Pro určení polohy jsou použity byty 5 a 6 pro osu X, 7 a 8 pro osu Y. Důležitým prvkem, bez kterého by kurzor nebyl schopen pohybu, jsou

rozdílové byty. Tyto byty určují, o kolik bodů se změnila poloha kurzoru při pohybu v obou osách. Tento údaj je vepisován do bytů 9 až 12. V popisované aplikaci je použita přednastavená hrubost chodu, není proto důležité tyto údaje počítat a mohou být na pevně nastaveny a pouze volány vždy při stisku tlačítka. Trackball v aplikaci pro simulované rozhraní nahrazuje kříž z tlačítek a s šipkami určující směr pohybu kurzoru.

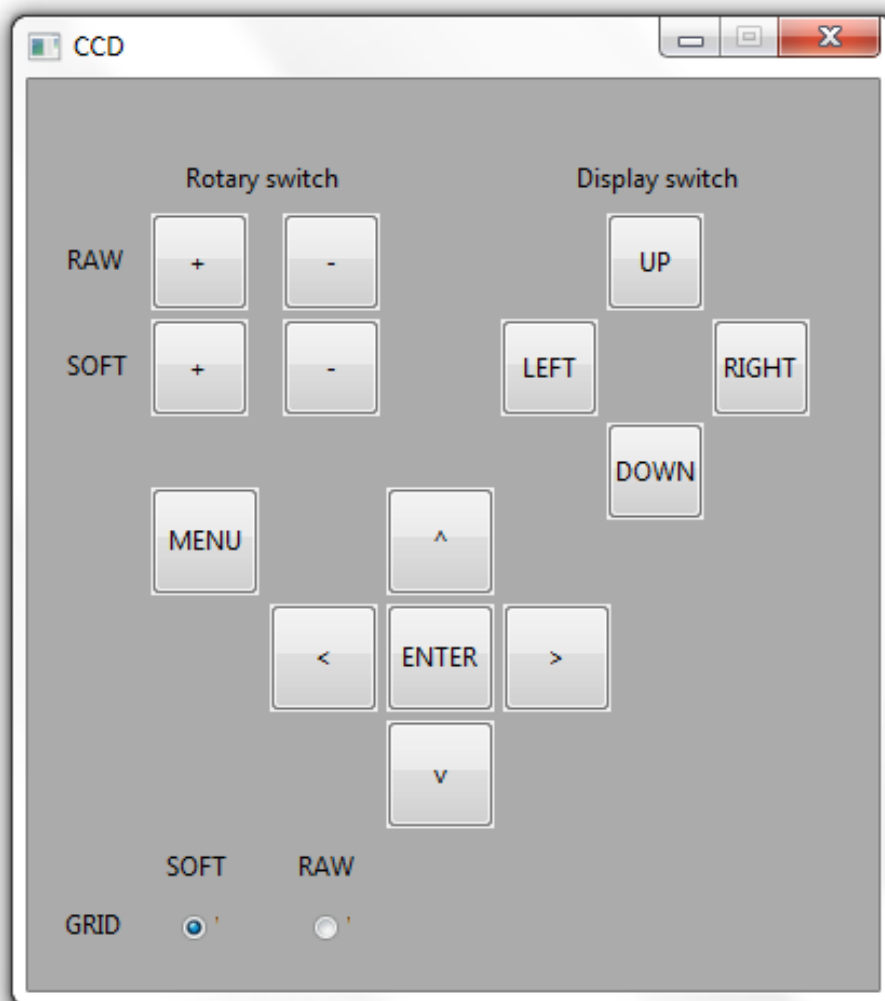


Obrázek 21: Detail kurzoru

Jediné tlačítko, které je na reálném ovládacím prvku a není obsaženo v aplikaci, je tlačítko pro aktivaci mikrofonu. Implementace tohoto tlačítka vyžaduje zdroj diskrétního signálu. I kdyby se podařilo vyřešit tento problém je zde velké bezpečnostní riziko z důvodu, že toto tlačítko aktivuje kabinové mikrofony, které jsou také součástí testovací stanice. Mohlo by tudíž dojít k narušení soukromí, úniku citlivých dat nebo k porušení exportních licencí, jejichž dodržování je velmi pečlivě kontrolováno a za porušení jejich podmínek jsou udíleny velmi vysoké finanční pokuty, nehledě na poškození jména firmy.

6.3 Náhrada CCD

Aplikace, která umožňuje vzdálené ovládání kurzoru a ovládacích prvků obsažených na CCD, byla vytvořena v programu dev-C++ s kompilátorem GCC verze 4.6.3 a za použití grafické knihovny wxWidgets verze 2.9.3. Díky použití této knihovny se velmi usnadnila práce s grafickými prvky. Pro popisky v aplikaci i poznámky ve zdrojových kódech jsem záměrně zvolil angličtinu, protože s aplikací budou ve velké většině případů pracovat lidé, kteří česky neumí. Aplikace je nainstalována na DFTS počítači.



Obrázek 22: Vzhled aplikace pro simulované rozhraní CCD

Aplikace je členěna na několik částí. V první části je definována startovací sekvence a volání všech vláken, které aplikace obsahuje. První vlákno obsahuje grafické ovládací prvky, definuje konstanty a logiku pro jednotlivá tlačítka. Konstanta, která obsluhuje jednotlivé funkce CCD, je definována jako datový typ unsigned char, i když jsou do konstanty zapisovány pouze binární hodnoty. Tento datový typ byl zvolen kvůli výhodnějšímu zpracovávání hodnot. Konstanta je řešená jako vícerozměrné datové pole o obsahu 36×8 bitů. Tato velikost je zvolena s ohledem na to, že reálný ovládací prvek vysílá 36 bytů po osmi bitech. Stejné parametry signálu očekává i AGM karta, která zpracovává tyto informace.

Při simulaci byly použity pouze byty 5–14, 21–22 a 31–34 (rozložení bytů je v Tabulka 1: Pořadí bytů při komunikaci mezi CCD a AGM kartou [10]). Ostatní byty byly nastaveny na iniciační hodnotu. Pro simulaci je také použit pouze první kanál, tato hodnota je nastavena pevně a nepředpokládá se uživatelský zásah.

Po stisku tlačítka se provádí vepsání vybrané hodnoty do konstanty. Pro pohyb kurzoru je použit předdefinovaný krok v ose X i Y. Tato hodnota se zpracovává v dekadické soustavě a poté je převedena do dvojkové soustavy. Výsledné bity jsou vepsány do předepsaných pozic v bytech, které mají na starosti pohyb kurzoru. Byty, kde jsou uloženy aktuální souřadnice kurzoru, jsou jediné, které se po změně nepřepisují na původní hodnotu. Ovládací prvky pod volbou GRID určují volitelnou možnost posuvu kurzoru. Tato volba je zde protože na komplexnější práci se simulovaným rozhraním je výhodné mít možnost posouvat kurzor po malých detailech, ale při posunu přes větší území je malý posuv značně neefektivní. Při jemnějším pohybu je nastaven posun o pět bodů, při hrubším o sto bodů.

Hodnoty vepsané v bytech 31 až 34 jsou kontrolní byty, které určují validitu dat. Tento kontrolní součet se počítá jako součet hodnot bytů 0–30. K výpočtu hodnot těchto bytů je použito druhé vlákno aplikace. Vlákno pracuje s konstantou, která je definována jako jednorozměrné pole třiceti šesti hodnot. Konstanta pracuje s datovým typem unsigned char. Tento typ je zvolený vzhledem k možnosti přímému odeslání obsažené hodnoty na sériový port. U bytů 0–30 není po jejich převedení na dekadické číslo dále manipulováno, pouze se sečtou.

Tento součet je dále převeden na binární hodnotu a vepsán do bytů určených pro kontrolní součet. Pro hodnotu kontrolního součtu je určena vždy polovina bitů v bytech 31–34. Vzápětí jsou hodnoty těchto čtyř a 35. bytu převedeny na dekadické číslo, které je uloženo do stejné konstanty jako předchozí byty.

Ve třetím vlákne probíhá odesílání informací přes sériový RS-422 port. Nejprve jsou odesílány inicializační byty. První byt má dekadickou hodnotu 255. Poté následuje 25 ms prodleva a posílají se byty o hodnotách 192 a 255. Poté následuje vteřinová mezera a následuje již přenos informace, která simuluje reálné zařízení. Hodnoty, na které mají být nastaveny tyto byty, byly odečteny při rozboru komunikace mezi reálným prvkem a testovací stanicí. Tyto byty jsou přenášeny pouze jednou, při zahájení komunikace.

Při sériové komunikaci je jako první nutné inicializovat zvolený port. Pro odesílání dat byl zvolen třetí port. Jako další krok je nutné nastavit základní parametry, podle nichž se bude řídit přenos dat po sériové lince.

Jednotka modulační rychlosti – baud – byla nastavena na 115 200, což je jedna ze standardních hodnot. Tato jednotka značí množství bitů přenesených za jednu sekundu. Dalo by se říct, že 1 baud = 1 bps. Velikost bytu je nastavena na 8 bitů a je použit jeden stop bit. Tento bit se používá k synchronizaci komunikace. Dále bylo nastaveno, že se nemají přenášet paritní bity. Tyto bity slouží k ověření platnosti posílané informace. Tato sekvence je opakována až do ukončení programu, nepřerušuje ji žádná z funkcí programu.

Další nutná část kódu pro sériový přenos je nastavení časových prodlev. Prodlevy pro čtení jsou nastaveny na hodnotu nula, protože tím se indikuje, že má být použito základní nebo předchozí nastavení. Potřebné hodnoty pro zápis se počítají ze vztahů:

Rovnice 1: Výpočet doby zápisu informace

$$WriteTotalTimeoutConstant = \frac{1000ms}{\text{modulační rychlost}} * \text{počet bitů v bytu}$$

Rovnice 2: Výpočet času pro pohotovostní dobu

$$WriteTotalTimeoutMultiplier = \frac{1}{\text{přenosová frekvence}} - (WriteTotalTimeoutConstant * \text{počet bytů})$$

7 Závěr

Úkolem této práce bylo shodnotit stávající možnosti vzdáleného přístupu k SITS stanici provozované ve firmě Honeywell v Brně a navrhnout a realizovat prototyp řešení pokrývající největší nedostatky ve vzdáleném přístupu.

S provozem a ovládáním kokpitu EPIC a SITS stanice jsem se podrobně seznámil během odborné praxe ve firmě Honeywell. Součástí mojí pracovní náplně bylo mimo jiné také podpora integračního testování.

Na základě těchto zkušeností a podle požadavků vedoucího práce jsem se v práci dále soustředil na řešení problému sledování displejů a řízení třech základních ovladačů kokpitu (CCD, MKB, GP)

V záležitosti vzdáleného sledování displejů kokpitu jsem se podílel na výběru vhodné kamery a dohlížel jsem na finální instalaci a zařazení do používání. Kamera je dnes součástí provozu Dassault laboratoře a instalace stejného řešení probíhá v dalších laboratořích v Brně i na dalších Honeywell pobočkách podle stejného vzoru.

Dále jsem navrhl způsob řešení přerušení sběrnic a sestavil jsem požadavky pro výrobu multiplexeru. Realizace multiplexeru musela být svěřena externí firmě a nebyla dokončena před dokončením této práce. Pro realizaci prototypu a jeho testování jsem proto použil náhradní řešení s využitím dočasného přerušení sběrnice.

K realizaci prototypu jsem si po dohodě s vedoucím práce zvolil ovladač kurzoru (CCD). Ten jsem naprogramoval a úspěšně otestoval na reálném zařízení. Současně s vývojem CCD pracovali další kolegové na vývoji ostatních ovládacích prvků (MKB, GP) na podobném principu. V době dokončení této práce byl k dispozici také prototyp klávesnice.

K úplnému vyřešení otázky vzdáleného přístupu k SITS stanici je dále potřeba dokončit výrobu multiplexeru, vývoj simulovaného GP a zintegrovat všechny prototypy do řešení vhodného pro širší aplikaci na dalších stanicích.

8 Seznam použitých zkratek

AGM	Advanced Grafic Module
AP	Autopilot
ASCB	Avionics Standard Communication Bus
AT	Auto Throttle
BoB	Break out box
CAS	Crew Allerting System
CCD	Cursor Control Device
CIO	Control I/O Module
DU	Display Unit
EASy II	Enhanced Avionics System
F7X	Dassault Falcon 7X
FMS	Flight Management System
GP	Guidance Panel
LAN	Local Area Network
LCD	Luquid Crystal Display
MAU	Modular Avionics Unit
MKB	Multifunction Keyboard
PoE	Power over Ethernet
SVS	Synthetic Vision System
TCAS	Traffinc Collision Aviodance System
WOW	Weight On Wheels

9 Seznam použité literatury

- [1] History of Dassault Aviation. *Dassault Aviation* [online]. 2013 [cit. 2013-12-17]. Dostupné z: <http://www.dassault-aviation.com/en/passion/history/>
- [2] Civil products of Dassault Aviation. *Dassault Aviation* [online]. 2013 [cit. 2013-12-17]. Dostupné z: <http://www.dassault-aviation.com/en/dassault-aviation/group/products/civil-products/>
- [3] Jet Advisor. *Dassault Falcon 7x* [online]. 2013 [cit. 2013-12-17]. Dostupné z: <http://jetadvisors.com/falcon-7x/>
- [4] HONEYWELL INTERNATIONAL. *Epic system overview*. 2003, 106 s.
- [5] HONEYWELL INTERNATIONAL. *Top Level Application Specification for the Primus Epic EASy System on the Dassault F7X*. 2007, 74 s.
- [6] SOLTERO, Manny, Jing ZHANG a Chris COCKNIL. TEXAS INSTRUMENTS. *RS-422 and RS-485 Standards Overview and System Configurations*. 2010, 25 s. Dostupné z: <http://www.ti.com/lit/an/slla070d/slla070d.pdf>
- [7] ACTEL. *ARINC 429 Bus Interface*. 2006, 22 s. Dostupné z: http://www.actel.com/ipdocs/CoreARINC429_DS.pdf
- [8] *Letadlové sběrnice*. Praha, 2007. Dostupné z: <http://measure.feld.cvut.cz/groups/lis/download/prednasky/EPS1/Sb%C4%9Brnice.pdf>. Přednáška. ČVUT.
- [9] Photo Galerie. In: *Dassault Aviation* [online]. 2012 [cit. 2013-12-17]. Dostupné z: http://photos.dassault-aviation.com/galerie/DocVisuCS.do?SearchMode=visu_doc_by_theme&sw0=536871165&seIToStore=2&HistoLabel=Interior+and+cockpit&visuCour=DocPC&searchType=theme
- [10] HONEYWELL. *HARDWARE REQUIREMENTS DOCUMENT (HRD) FOR THE CC-600, CURSOR CONTROL DEVICE*. 14.10.2003. 2003, 57 s.
- [11] HONEYWELL. *PRODUCT SPECIFICATION FOR THE KEYBOARD KB-600 HONEYWELL*. 20.3.2003. 2003, 43 s.

[12] Honeywell global data center. *Honeywell global data center* [online]. 2014 [cit. 2014-05-26]. Dostupné z: <http://bronze-qa1.mygdc.com/public/epic>